

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

J1017 U.S. PTO
09/842403
04/26/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 4月27日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-127953

出 願 人

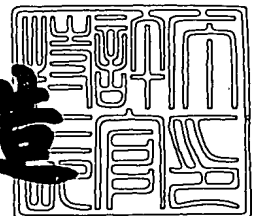
Applicant(s):

株式会社東芝

2001年 3月23日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3023655

【書類名】 特許願

【整理番号】 A000002173

【提出日】 平成12年 4月27日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明の名称】 成膜方法

【請求項の数】 14

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横
浜事業所内

 【氏名】 伊藤 信一

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横
浜事業所内

 【氏名】 奥村 勝弥

【特許出願人】

 【識別番号】 000003078

 【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

 【識別番号】 100058479

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 鈴江 武彦

 【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

 【識別番号】 100084618

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

 【識別番号】 100068814



【弁理士】

【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

【選任した代理人】

【識別番号】 100070437

【弁理士】

【氏名又は名称】 河井 将次

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要



【書類名】 明細書
【発明の名称】 成膜方法
【特許請求の範囲】

【請求項 1】

液体を滴下する滴下部と、該滴下部の鉛直下にある基板と、該滴下部から該基板上に滴下された液体を該基板に留めながら、該基板と前記滴下部とを相対的に移動させて被処理基板上に液膜を形成する液膜形成方法において、

前記被処理基板と前記滴下部との相対的な移動は、該基板を回転させつつ、前記滴下部を該基板の略中心から該基板の外周に向けて相対的に移動させるものであって、

前記被処理基板の略中心から外周に向けた前記滴下部の相対的な移動に伴い、滴下された液膜にかかる遠心力により滴下された該液膜が移動しないように、該基板の回転数 w を低下させると共に、該滴下部からの前記液体の供給速度 v を増加させて、前記被処理基板上に液膜を形成することを特徴とする成膜方法。

【請求項 2】

前記滴下部が前記被処理基板中心からの距離 r に位置する場合、該滴下部からの前記液体の供給速度 v は、該基板保持部の回転数 w と供給速度 v との積が一定となるように前記被処理基板の回転数 w に応じて定められることを特徴とする請求項 1 に記載の成膜方法。

【請求項 3】

前記滴下部が前記被処理基板の最外径 R に位置するときの該基板の回転数 w_0 、及び該滴下部が前記被処理基板中心からの距離 R に位置するときの前記液体の供給速度 v_0 に対し、

該基板が前記距離 r に位置する場合の該基板の回転数 w が、 (R/r) の平方根と w_0 との積で定められ、且つ、供給速度 v が v_0 を (R/r) の平方根で除した値として定められることを特徴とする請求項 2 に記載の成膜方法。

【請求項 4】

前記被処理基板が半径 R (mm) の円形状基板の場合、前記滴下部が該基板の最外径部で液体を滴下している状態における該基板の回転数 ($r \text{ p m}$) が、10



0 0 0 0 0 / R の平方根で定められる値未満であることを特徴とする請求項 1 に記載の成膜方法。

【請求項 5】

前記被処理基板が直径 2 0 0 m m の円形状基板の場合、前記滴下部が該基板の最外径部で液体を滴下している状態における該基板の回転数が、9 9 r p m 以下であることを特徴とする請求項 4 に記載の成膜方法。

【請求項 6】

前記被処理基板が直径 3 0 0 m m の円形状基板の場合、前記滴下部が該基板の最外径部で液体を滴下している状態における該基板の回転数が、8 1 r p m 以下であることを特徴とする請求項 4 に記載の成膜方法。

【請求項 7】

前記滴下部の前記被処理基板の略中心から外周への相対的な移動は、該基板が 1 回転する間に所定のピッチだけ移動するように制御されることを特徴とする請求項 1 に記載の成膜方法。

【請求項 8】

前記滴下部は、液体を吐出する複数の吐出口を具備し、

前記滴下部の吐出速度と該被処理基板の回転数は、該複数の吐出口の変位の平均値により決定されることを特徴とする請求項 1 に記載の成膜方法。

【請求項 9】

前記液体は、露光工程に用いられる反射防止膜材を含む薬液、感光性材料を含む溶液、低誘電体材料を含む溶液、強誘電体材料を含む溶液、電極材料を含む溶液、パターン転写材料を含む溶液のいずれかであることを特徴とする請求項 1 に記載の成膜方法。

【請求項 1 0】

前記液膜が形成された該被処理基板を該液膜中の溶剤の処理温度における蒸気圧以下の圧力下に晒して該溶剤を乾燥除去して固体層を形成することを特徴とする請求項 1 に記載の成膜方法。

【請求項 1 1】

前記液膜が形成された該被処理基板を気流下に晒して、該液膜中の溶剤を乾燥



除去して固体層を形成することを特徴とする請求項 1 に記載の成膜方法

【請求項 1 2】

前記形成された液膜を振動させながら乾燥させて、表面が略平坦な固体層を形成することを特徴とする請求項 1 0 又は 1 1 に記載の成膜方法。

【請求項 1 3】

請求項 1 0、或いは請求項 1 1 に記載の成膜方法を用いて、前記被処理基板上に前記固体層を形成する半導体素子の製造方法であって、

前記被処理基板は半導体基板であり、前記固体層は、露光工程に用いられる反射防止、感光性を有する膜、低誘電体膜、層間絶縁膜、強誘電体膜、電極、パターン転写膜のいずれかから一つ以上選ばれるものであることを特徴とする半導体素子の製造方法。

【請求項 1 4】

請求項 1 3 に記載の半導体素子の製造方法を用いて形成された、前記露光工程に用いられる反射防止、感光性を有する膜、低誘電体膜、層間絶縁膜、強誘電体膜、電極、パターン転写膜のいずれか一つ以上を前記半導体基板上に具備することを特徴とする半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、被処理基板に対して液体を渦巻き状に滴下して成膜を行う成膜方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

リソグラフィプロセスで従来から行われてきた回転塗布法は基板に滴下した液体の殆どを基板外に排出し、残りの数%で成膜するため、使用する薬液の無駄が多く、排出された薬液が多いことから環境にも悪影響を及ぼしていた。また、方形の基板や 1 2 インチ以上の大口径の円形基板では、基板の外周部で乱気流が生じその部分で膜厚が不均一になるという問題が生じていた。

【0 0 0 3】

薬液を無駄にせず基板全面に均一に塗布する手法として特開平 2 - 2 2 0 4 2 8 号公報には一列に配置した多数のノズルよりレジストを滴下し、その後方よりガスまたは液体を成膜面に吹き付けることで均一な膜を得る手法が記載されている。また、特開平 6 - 1 5 1 2 9 5 号公報では棒に多数の噴霧口を設け、それよりレジストを基板上に滴下し均一な膜を得ることを目的としている。更に特開平 7 - 3 2 1 0 0 1 号にレジストを噴霧するための多数の噴出孔が形成されたスプレーヘッドを用い、基板と相対的に移動して塗布する手法が記載されている。これらいずれの塗布装置においても滴下あるいは噴霧ノズルを横一列に複数配置し、それを基板表面にそってスキャンさせて均一な膜を得ることを目的としている。

【 0 0 0 4 】

これら複数のノズルを持つ装置を用いた塗布法の他に一本の液体吐出ノズルを用い、被処理基板上を走査させることで液膜を形成する手法が有る。この手法ではノズルの操作法次第では基板 1 枚あたりの処理時間が長くなったり、薬液の使用量が膨大になったりするという問題が生じていた。

【 0 0 0 5 】

これらの問題を解決する成膜方法として、特開 2 0 0 0 - 7 7 3 2 6 号公報には、渦巻き状に薬液を供給して塗布を行う手法が開示されている。この中で、“塗布条件としてウェハを低速（例えば 2 0 ~ 3 0 r p m）で回転させつつノズルユニットをこのウェハの直径方向（例えば X 方向）に移動させることで塗布を行うようにすることが好ましい。”ということが記載されている。また、“ウェハとノズルユニットの相対速度を一定に保つことが重要である。”ことが記載されている。すなわち、ノズルの線速度を一定にすることが記載されている。

【 0 0 0 6 】

ノズルユニットを一定の速度で移動させた場合、線速度を一定にするためには、ノズル外周部に対してその内側での回転数を大きくしなければならない。例えば、2 0 0 m m ウェハで考えた場合、半径 1 0 0 m m での回転数を 3 0 r p m としても、回転数が径の逆数に比例し半径 1 m m 以下の部分では 3 0 0 0 r p m 以上で回転させる必要がある。3 0 0 0 r p m でウェハを回転させた場合、基板中



心から液塗布を開始したとしても、薬液が瞬時に基板外に放出されてしまう。

【0007】

また、ウェハを低速で一定の回転数で回転させた場合、基板中心でのノズル移動速度はきわめて速く、塗布後に振動を与えて液体の移動を生じさせたとしても、移動しきれず結局中央部では塗布されない領域が生じ、均一な膜を形成することができないという問題があった。このように、線速度一定にして薬液を吐出させると、液膜が形成されないという問題があった。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

上述したように、被処理基板を回転させつつ薬液を滴下して被処理基板上に渦巻き状に薬液を供給して液膜の成膜を行う技術において、被処理基板に対する滴下ノズルの線速度を一定にすると、薬液が基板外に放出されてしまう、或いは均一に液膜が形成されないという問題があった。

【0009】

本発明の目的は、被処理基板上に渦巻き状に薬液を供給して成膜を行う技術において、被処理基板外への薬液の放出を抑制すると共に、均一に膜を形成し得る成膜方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

〔構成〕

本発明は、上記目的を達成するために以下のように構成されている。

【0011】

(1) 本発明(請求項1)は、液体を滴下する滴下部と、該滴下部の鉛直下にある基板と、該滴下部から該基板上に滴下された液体を該基板に留めながら、該基板と前記滴下部とを相対的に移動させて被処理基板上に液膜を形成する液膜形成方法において、前記被処理基板と前記滴下部との相対的な移動は、該基板を回転させつつ、前記滴下部を該基板の略中心から該基板の外周に向けて相対的に移動させるものであって、前記被処理基板の略中心から外周に向けた前記滴下部の相対的な移動に伴い、滴下された液膜にかかる遠心力により滴下された該液膜が



移動しないように、該基板の回転数 w を低下させると共に、該滴下部からの前記液体の供給速度 v を増加させて、前記被処理基板上に液膜を形成することを特徴とする。

なお、“滴下された液膜にかかる遠心力により滴下された該液膜が移動しないように” というのは、滴下された液体が流動性により広がって移動することを除くものである。

【 0 0 1 2 】

本発明の好ましい実施態様を以下に記す。

(a) 前記滴下部が前記被処理基板中心からの距離 r に位置する場合、該滴下部からの前記液体の供給速度 v は、該基板保持部の回転数 w と供給速度 v との積が一定となるように前記被処理基板の回転数 w に応じて定められること。

(b) 前記滴下部が前記被処理基板の最外径 R に位置するときの該基板の回転数 w_0 、及び該滴下部が前記被処理基板中心からの距離 R に位置するときの前記液体の供給速度 v_0 に対し、該基板が前記距離 r に位置する場合の該基板の回転数 w が、 (R/r) の平方根と w_0 との積で定められ、且つ、供給速度 v が v_0 を (R/r) の平方根で除した値として定められること。

【 0 0 1 3 】

(c) 前記被処理基板が半径 R (mm) の円形状基板の場合、前記滴下部が該基板の最外径部で液体を滴下している状態における該基板の回転数 ($r\text{ p m}$) が、 $1000000/R$ の平方根で定められる値未満であること。

(d) 前記被処理基板が直径 200 mm の円形状基板の場合、前記滴下部が該基板の最外径部で液体を滴下している状態における該基板の回転数が、 99 r p m 以下であること。

(e) 前記被処理基板が直径 300 mm の円形状基板の場合、前記滴下部が該基板の最外径部で液体を滴下している状態における該基板の回転数が、 81 r p m 以下であること。

【 0 0 1 4 】

(f) 前記滴下部の前記被処理基板の略中心から外周への相対的な移動は、該基板が 1 回転する間に所定のピッチだけ移動するように制御されること。

(g) 前記滴下部は、液体を吐出する複数の吐出口を具備し、前記滴下部の吐出速度と該被処理基板の回転数は、該複数の吐出口の変位の平均値により決定されること。

(h) 前記液体は、露光工程に用いられる反射防止膜材を含む薬液、感光性材料を含む溶液、低誘電体材料を含む溶液、強誘電体材料を含む溶液、電極材料を含む溶液、パターン転写材料を含む溶液のいずれかであること。

【 0 0 1 5 】

(i) 前記液膜が形成された該被処理基板を該液膜中の溶剤の処理温度における蒸気圧以下の圧力下に晒して該溶剤を乾燥除去して固体層を形成すること。

(j) 前記形成された液膜を振動させながら乾燥させて、表面が略平坦な固体層を形成すること。

(k) 前記液膜が形成された該被処理基板を気流下に晒して、該液膜中の溶剤を乾燥除去して固体層を形成すること。

【 0 0 1 6 】

〔作用〕

本発明は、上記構成によって以下の作用・効果を有する。

【 0 0 1 7 】

本発明によれば、滴下部からの前記液体の供給速度 v を増加させつつ、滴下された液膜にかかる遠心力により該液膜が移動しないように、被処理基板の回転数 w を低下させることによって、中心部付近及び外周部において液膜が移動せず、被処理基板の中心部で液膜が形成されない領域が生じさせることなく、均一な液膜を形成することができる。

【 0 0 1 8 】

遠心力は、質量、回転中心からの距離、及び回転数の 2 乗の積に比例する。従って、回転中心からの近いところでは、液膜にかかる遠心力は、外周部に比べて小さくなる。従って、回転中心部では、回転数を大きくし、遠心力により液膜が移動しないように回転数を小さくすることで液膜が移動することが無く、液膜が形成されない領域が生じさせることがない。

【 0 0 1 9 】

また、回転数の減少と共に、液体の供給速度を増加させることによって、被処理基板上への液体の供給量が一定になり、均一な液膜を形成することができる。

【0020】

(a)に示した条件で成膜を行うことにより、単位面積あたりの薬液供給量を等しくすることができる。また、(b)に示した条件で、被処理基板の回転数と液体の滴下速度を決定することができる。(c)～(e)に示した条件で、遠心力で液膜が移動することがない。(f)に示した条件で滴下部を移動させることにより、液膜が形成されない領域がない均一な膜を形成することができる。(g)に示した条件により、2つの吐出口を持ち、各々に同じ供給速度を与える薬液供給ノズルを用いたときに、位置にある吐出口に対して同じ供給速度を与えても均一な液膜形成を可能にする。また、(h)は、液体として適用可能な範囲を示している。(i)，(k)により、液膜から均一な膜厚の固体層を形成することができる。さらに、(j)により均一な膜厚の固体層を形成することができる。

【0021】

本発明により形成された固体層は膜厚の均一性が改善されるため、この固体層を含む半導体素子も優れた電気的特性を有する。

【0022】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態を以下に図面を参照して説明する。

【0023】

〔第1実施形態〕

図1は本発明に用いる成膜装置の概略構成を示す構成図である。

図1に示すように、被処理基板100が設置される基板保持部120は、基板100中心で転ずる駆動系121に接続されている。また、被処理基板100の上方には、薬液を吐出しつつ、ノズル駆動系123により径方向に移動可能な薬液供給ノズル122が設置されている。薬液供給ノズル122には、薬液供給管124を介して薬液供給ノズル122に薬液を供給する薬液供給ポンプ125が接続されている。薬液供給ノズル122からの薬液吐出の制御は、薬液供給ポンプ125からの薬液供給圧力を制御して行った。



【 0 0 2 4 】

薬液供給ノズル 1 2 2 は、例えば図 2 に示すような構成である。図 2 に示すように、薬液供給ノズル 1 2 2 は、図示されない薬液供給ポンプに接続された薬液供給管 1 2 4 から供給された薬液が一旦貯蔵する薬液槽 2 0 1 と、薬液槽 2 0 1 内の薬液が吐出される薬液吐出口 2 0 2 とを含んで構成される。

【 0 0 2 5 】

薬液供給ノズル 1 2 2 は、ノズル駆動系 1 2 3 により被処理基板 1 0 0 のほぼ中央から移動を開始し、薬液を被処理基板上に連続的に供給しながら基板の略エッジ部分まで移動する。薬液供給は、薬液供給ノズルが被処理基板エッジに到達した段階で終了する。薬液供給ノズルの移動開始点及び移動終了点には、薬液遮断機能 1 2 6 a, 1 2 6 b が設けられている。移動開始点の薬液遮断機能 1 2 6 a は、基板保持部 1 2 0 の回転数、ノズル駆動系 1 2 3 の移動速度、薬液供給ノズル 1 2 2 からの薬液吐出速度が塗布開始時に必要な所定の値になるまで、薬液供給ノズル 1 2 2 から吐出された薬液を遮断して、薬液が被処理基板 1 0 0 に到達するのを防ぐ。また、移動終了点の薬液遮断機能 1 2 6 b は、被処理基板 1 0 0 のエッジ部に薬液が供給されない様に、基板 1 0 0 エッジ部上空に待機し、薬液供給ノズル 1 2 2 が基板 1 0 0 のエッジに来たときに、ノズル 1 2 2 から吐出された薬液を遮断して薬液が被処理基板 1 0 0 に到達するのを防止する。

【 0 0 2 6 】

薬液が被処理基板 1 0 0 上に供給される間、基板保持部 1 2 0 の回転数、ノズル駆動系 1 2 3 の移動速度、薬液供給ノズル 1 2 2 からの薬液吐出速度は各々、回転駆動制御部 1 2 8、ノズル駆動制御部 1 2 7、薬液供給ポンプ 1 2 5 により管理される。なお、これら 3 つの制御部 1 2 5, 1 2 7, 1 2 8 を統括するコントローラ 1 2 9 がその上流に配置されている。

【 0 0 2 7 】

コントローラ 1 2 9 は、薬液供給ノズル 1 2 2 の基板上の位置情報に基づき、回転駆動制御部 1 2 8 の回転数、ノズル駆動速度、薬液吐出速度を決定し、回転駆動制御部 1 2 8、ノズル駆動制御部 1 2 7、薬液供給ポンプ 1 2 5 の各々に司令する。この司令に基づいて各々が動作することで被処理基板上には渦巻き状に

薬液が供給される。被処理基板上に供給された薬液は広がり、隣接する液膜と結合して被処理基板上で一つの液膜 1 0 1 になる。

【 0 0 2 8 】

液膜 1 0 1 が形成された後、該被処理基板 1 0 0 には液膜中にある溶剤を乾燥除去する工程が行われる。乾燥手法には、加熱、溶剤の飽和蒸気圧以下での減圧乾燥、表面に気流に接触させる手法などが用いられる。

【 0 0 2 9 】

以下、この液膜形成手段を $\phi 200\text{ mm}$ (8 インチ) の Si ウェハ (被処理基板) 上に膜厚 400 nm の Ar F 感光性樹脂膜形成に適用した場合について説明する。感光性樹脂溶液には固形分量 1. 5 % のものを用いた。なお、Si ウェハ上には、Ar F 露光時に基板面からの反射光を相殺させる反射防止膜が以下と同様の手法で予め形成されている。

【 0 0 3 0 】

まず、前述した感光性樹脂液が基板最外周 ($\phi 194\text{ mm}$) で基板外に飛散しない回転数を別途求めた。停止状態から回転数を回転加速度 1 rpm/sec で徐々に回転数を上げて、感光性樹脂液が基板外に飛散する回転数を求めた。感光性樹脂液は 80 rpm で基板外に飛散した。この時の遠心力を超えないように基板外周での回転数 $w_0 = 60\text{ rpm}$ とし、処理時間に対する回転駆動制御部の回転数、ノズル駆動速度、薬液吐出速度をまず求めた。

【 0 0 3 1 】

なお、本実施形態では渦巻き状の液膜形成位置が 1 周期毎に 0.4 mm のピッチで基板外周に向け移動するようにした。また、基板中心からの距離 $r = 100\text{ mm}$ における薬液供給速度を $v_0 = 0.4\text{ cc/min}$ とした。

【 0 0 3 2 】

基板中心からの距離 r における面積変化率は $dS/dr = 2\pi r$ である。基板中心からの距離 r における面積変化率は、基板中心からの距離 r に比例しているので、 $r = 100\text{ mm}$ と薬液供給量 q_0 との比と、基板中心からの距離 r (mm) と薬液供給量 q との比とを等しくする必要がある。

【 0 0 3 3 】

従って、基板中心からの距離 r での薬液供給量 q は、

$$q = q_0 r / 100 \quad (1)$$

とする必要がある。

【 0 0 3 4 】

また、基板中心からの距離 r における薬液供給速度 v (cc/min) と回転数 w (rpm) と薬液供給量 q との間には、

$$q = v / w \quad (2)$$

との関係が成立する。

【 0 0 3 5 】

従って、(1), (2) 式から

$$v / w = (v_0 / w_0) \times (r / 100) \quad (3)$$

を満たすように基板中心からの距離 r における薬液供給速度 v と回転数 w を定めれば良い。

【 0 0 3 6 】

本実施形態では、薬液供給速度 v と回転数 w に同じ変化率を与えることとし、基板中心からの距離 r においてそれぞれを

$$v = v_0 / (100 / r)^{1/2} \quad (4)$$

$$w = w_0 (100 / r)^{1/2} \quad (5)$$

と定めた。

【 0 0 3 7 】

以上から定めた処理時間に対するノズル位置 (中心を 0 とした)、回転駆動制御部の回転数、ノズル駆動速度、薬液吐出速度をそれぞれ図 3 (a), (b) (c) に示す。これらの関係を予めコントローラに (その下流の各制御部に対して行っても良い) 記憶させ、感光性樹脂液の被処理基板への塗布を開始した。以後、図 4 に示すように、薬液供給時のノズル移動方向と同じ向きの移動を + 軸、その反対の移動を - 軸として説明する。

【 0 0 3 8 】

予め、薬液供給ノズル 1 2 2 を被処理基板中心から - 1 mm の位置に移動させる。また、薬液遮断機能 1 2 6 a を + 0. 2 mm 以下の領域に来るよう調整した

。薬液遮断機能 1 2 6 a は、ノズル 1 2 2 が + 0 . 2 m m 以下の位置にある場合、ノズル 1 2 2 から滴下される感光性樹脂溶液が基板表面に到達しないように遮断する。

【 0 0 3 9 】

次いで、駆動系 1 2 1 により基板保持部 1 2 0 を駆動し、被処理基板 1 0 0 の回転を開始して、回転数が 1 3 4 1 . 6 r p m となるよう制御し、薬液供給ノズルから感光性樹脂溶液の吐出が 0 . 0 1 8 c c / m i n となるように感光性樹脂溶液の滴下量を調整した。回転数、供給速度が安定した後、薬液供給ノズルを + 側に 3 1 m m / s e c で移動を開始させた。ノズル吐出口の中心が + 0 . 2 m m 以下の位置では基板回転、ノズル移動、薬液供給速度の各々を等速で動作させたが、+ 0 . 2 m m に達した時点から図 3 (a) ~ (c) の関係に従い回転駆動制御部、ノズル駆動制御部、薬液供給ポンプの制御を行った。図 3 (a) ~ (c) に示すように、基板の略中心から外周に向けた薬液供給ノズルの移動に伴い、基板の回転数 w を低下させると共に、薬液供給ノズルからの感光性樹脂溶液の供給速度 v を増加させている。図 3 (a) ~ (c) に示す回転数では、遠心力により感光性樹脂溶液が移動することがないので、感光性樹脂溶液が基板の外部に飛散することがない。なお、ここで、“遠心力により感光性樹脂溶液が移動することがない” というのは、感光性樹脂溶液が流動性により広がって移動することを除かれている。

【 0 0 4 0 】

薬液供給ノズルが基板エッジ部の薬液遮断機能の上空に来た段階で薬液供給手段からの薬液供給の停止、薬液供給ノズルの停止、被処理基板の回転の停止をそれぞれ行い、液膜形成を終了した。2 0 0 m m ウェハ 1 枚を処理するのに 1 5 0 秒程度を有した。処理中に渦巻き状に形成された液膜が広がり、隣接する液膜と結合することでエッジ部を除く基板全面を覆う液膜となった。なお処理中に感光性樹脂溶液が基板から外に放出されることはなかった。

【 0 0 4 1 】

次に、基板をチャンバに入れて、感光性樹脂溶液中の溶剤の蒸気圧にほぼ一致する圧力下に基板を晒して溶剤を徐々に除去し、感光性樹脂膜を形成した。

【 0 0 4 2 】

本発明によれば、滴下部からの前記薬液の供給速度 v を増加させつつ、滴下された液膜にかかる遠心力により該液膜が移動しないように、被処理基板の回転数 w を低下させることによって、中心部付近及び外周部において液膜が移動せず、被処理基板の中心部で液膜が形成されない領域が生じさせることなく、均一な液膜を形成することができる。

【 0 0 4 3 】

また、本発明では塗布開始直前と塗布終了直後で僅かに薬液を捨てる以外は基板上に薬液をとどめるため、廃棄量を 1 % 以内にする事ができる。

【 0 0 4 4 】

本実施形態では、感光性樹脂溶液から感光性樹脂液膜を経て感光性樹脂膜を形成する工程を示したが、本発明の用途はこれに限るものでなく、低誘電体膜材料を含む溶液（例えば有機シロキサンなどの溶液）からの低誘電体膜の形成、強誘電体膜材料を含む溶液からの強誘電体膜に用いることができる。

【 0 0 4 5 】

また、基板最外周における回転数 w_0 も 6 0 r p m に定めるものではなく、微量薬液が基板外に移動しなければ如何なる値でも良い（本実施形態の場合 8 0 r p m 以下が良い）。また渦巻き状液膜形成位置の 1 周期毎の間隔と、 $r = 1 0 0$ m m における薬液供給速度 v_0 は、所望の膜厚及び均一性に応じて変えても良い。

【 0 0 4 6 】

図 1 では薬液遮断機能を開始と終了部で計 2 つ持たせているが、1 つの薬液遮断機能を使いまわしても良い。この場合、最初基板中心付近で開始前の薬液を遮断していた薬液遮断機能を、ノズルより先に基板エッジ部まで移動させて待機させればよい。

【 0 0 4 7 】

〔第 2 の実施形態〕

本実施形態では、成膜速度の改善を図った手法について説明する。

本実施形態では、成膜速度の改善を図るために、図 5 に示すように、仕切り板

703で分けられた、第1及び第2の薬液槽701、702にそれぞれ第1及び第2の薬液吐出口704、705が設けられたノズルを用いた。第1及び第2の薬液吐出口704、705は、径方向に配列されている。第1及び第2の薬液槽701、702は、それぞれ第1及び第2の薬液供給管706、707から薬液が供給されている。第1及び第2の薬液供給管706、707は、それぞれ別の薬液供給ポンプに接続されている。それぞれの薬液供給ポンプの圧力を独立に制御することによって、二つの薬液吐出口704、705からの薬液吐出速度を独立に制御することができる。なお、装置全体の構成は、図1に示した装置と同様なので、図示及び構成の説明を省略する。

【0048】

本実施形態では、なお、本実施形態では、低誘電体材料を含む溶液の成膜に対して本発明を適用した。低誘電体材料としてポリシロキサンを含むものを用い、膜厚1000nmの層間絶縁膜の形成を目的とした。なお、薬液中の固形分量は5%とした。

ここで用いる低誘電体材料を含む溶液が基板最外周($\phi 194\text{mm}$)で基板外に飛散しない回転数を第1の実施形態と同様な手法で別途求めたところ、99rpmであった。この時の遠心力を超えないように、基板外周での回転数 $w_0 = 90\text{rpm}$ とし、各位置の処理時間における回転駆動制御部の回転数、ノズル駆動速度、薬液吐出速度をまず求めた。本実施形態では、図6に示すように、渦巻き状の液膜形成位置が1周期毎に0.8mmのピッチで基板外周に向けて移動するようにした。

【0049】

また、300mmウェハの最外周部で低誘電体材料を含む溶液が基板外に飛散しない回転数を求めたところ、82rpmであった。物質にかかる遠心力は、質量、回転中心からの距離、回転数の2乗、に比例する。回転中心からの距離が100mmで回転数が100rpmの時に液膜にかかる遠心力に対して、回転中心からの距離 r (mm)における遠心力を等しくするためには、回転数を $(1000000/r)^{1/2}$ にする必要がある。従って、基板が半径が R (mm)の円形状基板の場合には、前記滴下部が該基板の最外径部で液体を滴下している状態にお

ける該基板の回転数が、 $1000000/R$ の平方根で定められる値未満にすれば、薬液の供給時に、遠心力によって液膜が移動することがない。

【0050】

処理時間に対するノズル位置（中心を0とした）、回転駆動制御部の回転数、ノズル駆動速度、薬液吐出速度をそれぞれ図7（a）、（b）、（c）に示す。図7（a）において、二つの薬液吐出口の中心位置を示している。図7（c）において、このスケールでは、二つの薬液吐出口からの供給速度の差が分からない。そこで、0～5秒における二つの薬液吐出口からの供給速度を図8に示す。

【0051】

これらの関係を予めコントローラに（その下流の各制御部に対して行っても良い）記憶させて低誘電体材料を含む溶液の被処理基板への塗布を開始した。以後、薬液供給時の薬液供給ノズルの移動と同じ方向の移動を+軸、その反対の移動を-軸として説明する。

【0052】

予め、ノズルを被処理基板中心より-1mmの位置に移動させた。また、ノズル直下に薬液遮断機能がくるように調整した。薬液遮断機能はノズルから吐出される薬液を遮断する。

【0053】

次いで、被処理基板の回転を開始して、回転数が2012rpmとなるように制御した。更にノズルから0.030cc/minとなるように滴下速度を調整した。回転数、供給速度が安定した後、薬液供給ノズルと薬液遮断機能を+側に243mm/secで移動を開始した。ノズル吐出口の中心が+0.2mmの位置に来るまでは各々等速で運動をさせたが、+0.2mmを通過した時点で図7（a）～（c）、図8の關係に従い回転駆動制御部（減速）、ノズル駆動制御部（減速）、薬液供給ポンプ（加速）の制御を開始した。なお、薬液遮断機能はそのまま等速で移動させたので、+0.2mm以降の領域で、薬液供給ノズルの直下から薬液遮断機能は移動し、薬液供給ノズルから被処理基板に対して薬液の供給が開始された。なお、薬液遮断機能を基板エッジ部で停止させ、薬液供給ノズルが到達するまで待機させた。薬液供給ノズルが基板エッジ部で待機していた薬

液遮断機能の上空に來た段階で、薬液供給手段からの薬液供給の停止、薬液供給ノズルの停止、被処理基板の回転の停止をそれぞれ行い、液膜形成を終了した。200mmウェハ1枚を処理するのに53秒程度を有した。なお、薬液を供給する間に薬液が基板外に放出することはなかった。処理中に渦巻き状に形成された液膜は広がり、隣接する液膜と結合することでエッジ部を除く基板全面を覆う液膜となった。

【0054】

次いで、この基板をチャンバに入れて薬液の溶剤の蒸気圧にほぼ一致する圧力下に晒し、溶剤を徐々に除去して層間絶縁膜を形成した。

【0055】

従来のように基板を跨ぐよう直線状にノズルを往復移動させて液膜を形成する場合には、折り返し毎に助走区間が必要だったため被処理基板に供給する液量に対して廃棄率（基板外放出量／基板内供給量）10～20%の薬液を基板外に放出していた。しかし、本発明では塗布開始直前と塗布終了直後で僅かに薬液を捨てただけなので、廃棄量を1%以内にすることができた。

【0056】

本実施形態は低誘電体材料を含む溶液から低誘電体液膜を経て層間絶縁膜を形成する工程を示したが、本発明の用途はこれに限るものでなく、レジスト膜、反射防止膜の形成や、強誘電体膜材料を含む溶液からの強誘電体膜に用いることができる。

【0057】

また、基板最外周における回転数 w_0 も90rpmに定めるものではなく、微少薬液が基板外に移動しなければ如何なる値でも良い（本実施形態の場合95rpm以下）。また、渦巻き状液膜形成位置の1周期毎の間隔と、 $r = 100\text{mm}$ における薬液供給速度 v_0 は、所望の膜厚及び均一性に応じて変えても良い。

【0058】

また、本実施形態では薬液供給ノズルとして2つの吐出口に対して独立に供給速度を制御できるものを用いたが、これに限るものではない。図9に示すように2つの吐出口に同時に同じ供給速度を与えるものを用いても良い。この場合、供

給速度の設定は、図 7 (c) , 図 8 に示す特性図において、第 1 の薬液吐出口と第 2 の薬液吐出口とからの溶液供給速度の平均値を与えると良い。この速度で液膜の形成を行い、乾燥時に液膜に振動を与え平均化させることで均一な膜厚を得ることができる。

【 0 0 5 9 】

本実施形態では 2 つの吐出口を持つノズルを用いたがこれに限るものではなく、3 つ以上の吐出口を持つノズルを用いることも可能である。

【 0 0 6 0 】

なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。例えば、本発明はリソグラフィ工程で用いられる反射防止剤、レジスト剤の塗布をはじめ、低誘電体材、強誘電体材の塗布など半導体プロセスは勿論、メッキなど装飾プロセスとしてあらゆる成膜工程に適用可能である。

【 0 0 6 1 】

その他、本発明は、その要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することが可能である。

【 0 0 6 2 】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、滴下部からの前記薬液の供給速度 v を増加させつつ、滴下された液膜にかかる遠心力により該液膜が移動しないように、被処理基板の回転数 w を低下させることによって、中心部付近及び外周部において液膜が移動せず、被処理基板の中心部で液膜が形成されない領域が生じさせることなく、均一な液膜を形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

第 1 の実施形態に係わる成膜装置の概略構成を示す構成図。

【図 2】

図 1 に示す成膜装置を構成する薬液供給ノズルの概略構成を示す構成図。

【図 3】

プロセス時間に対する被処理基板の回転数、ノズル位置、薬液の吐出量を示す

特性図。

【図 4】

薬液供給時のノズル移動方向を示す平面図。

【図 5】

第 2 の実施形態に関わる薬液供給ノズルの概略構成を示す構成図。

【図 6】

図 5 に示す薬液供給ノズルが移動する様子を示す平面図。

【図 7】

プロセス時間に対する被処理基板の回転数，ノズル位置，薬液の吐出量を示す特性図。

【図 8】

プロセス時間に対する薬液の吐出量を示す特性図。

【図 9】

薬液供給ノズルの変形例を示す構成図。

【符号の説明】

1 0 0 …被処理基板

1 0 1 …液膜

1 2 0 …基板保持部

1 2 1 …駆動系

1 2 2 …薬液供給ノズル

1 2 3 …ノズル駆動系

1 2 4 …薬液供給管

1 2 5 …薬液供給ポンプ

1 2 6 a， 1 2 6 b …薬液遮断機能

1 2 7 …ノズル駆動制御部

1 2 8 …回転駆動制御部

1 2 9 …コントローラ

2 0 1 …薬液槽

2 0 2 …薬液吐出口

7 0 1 …第 1 の薬液槽

7 0 2 …第 2 の薬液槽

7 0 3 …仕切り板

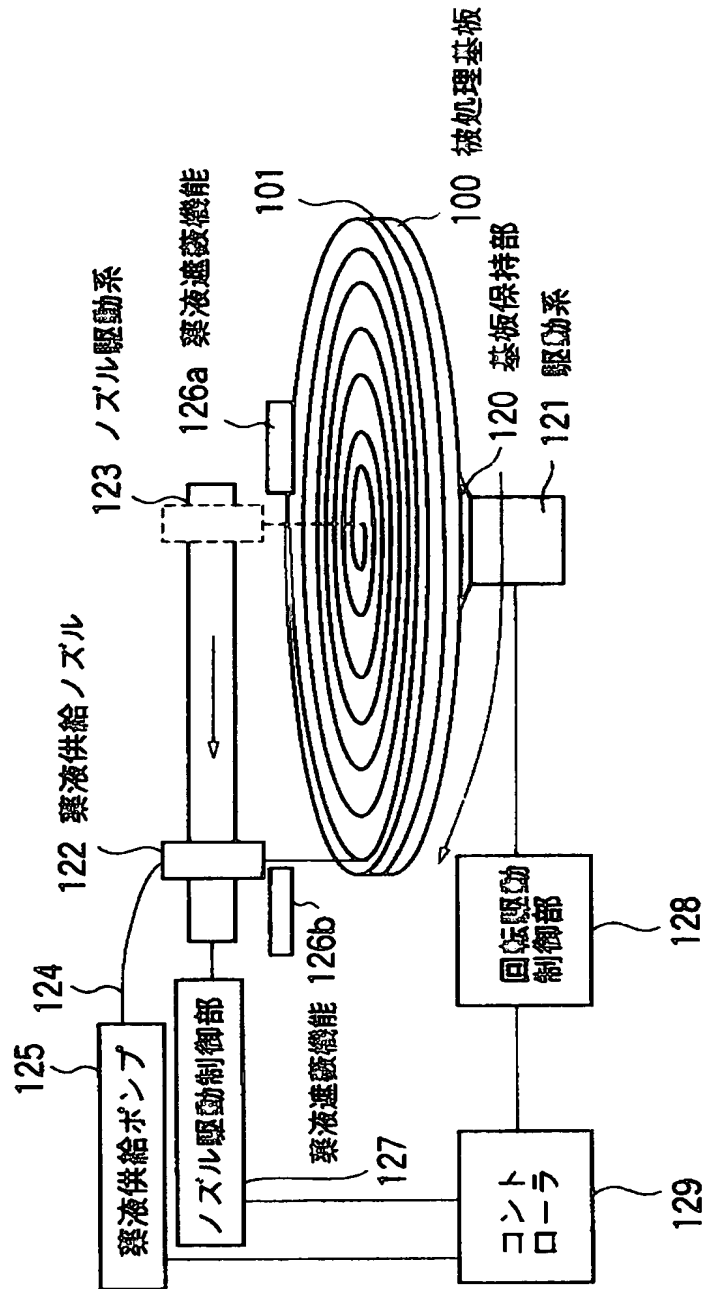
7 0 4 …第 1 の薬液吐出口

7 0 5 …第 2 の薬液吐出口

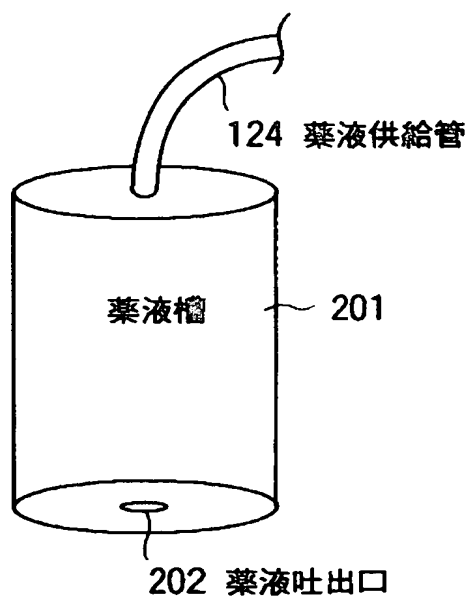
【書類名】

図面

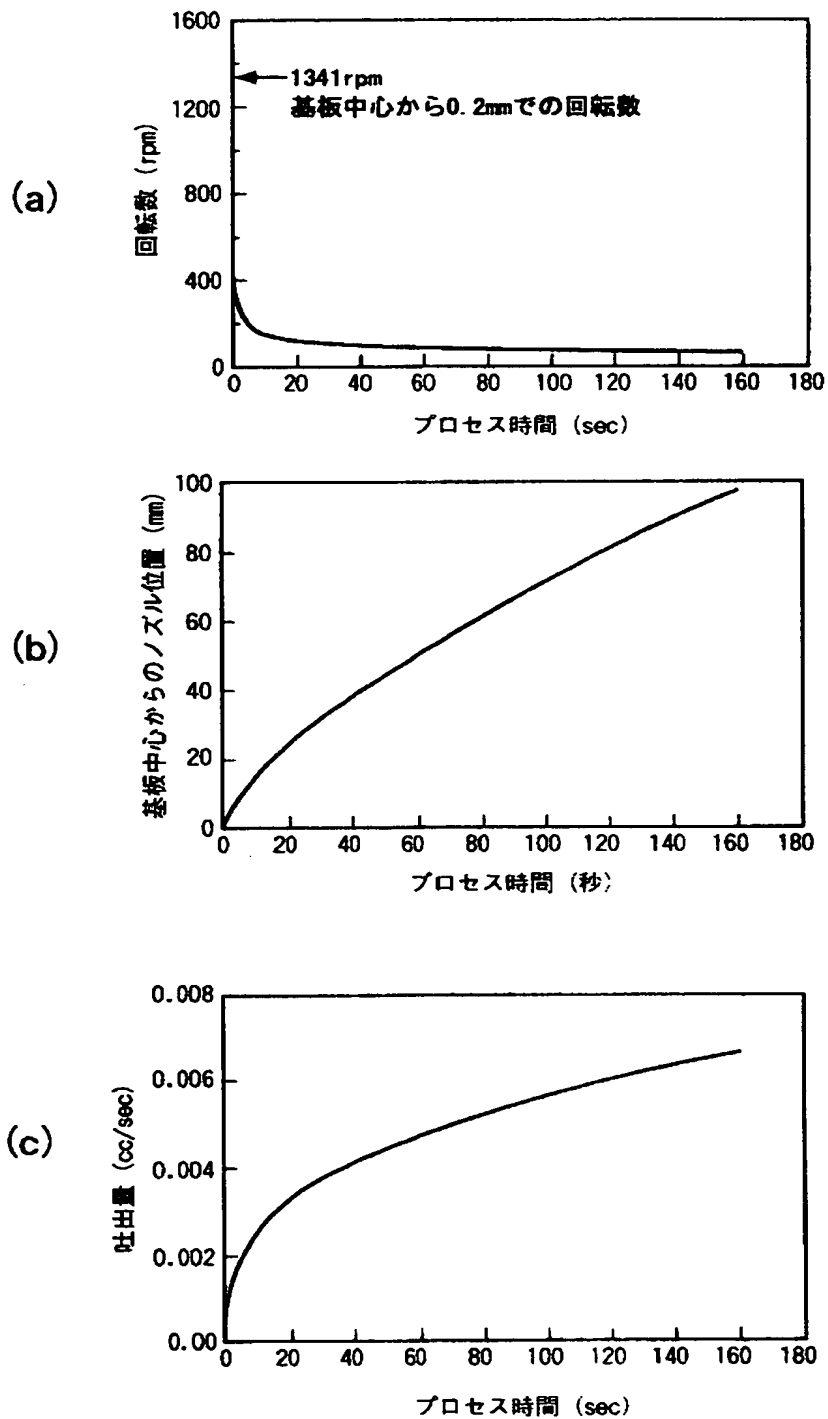
【図 1】



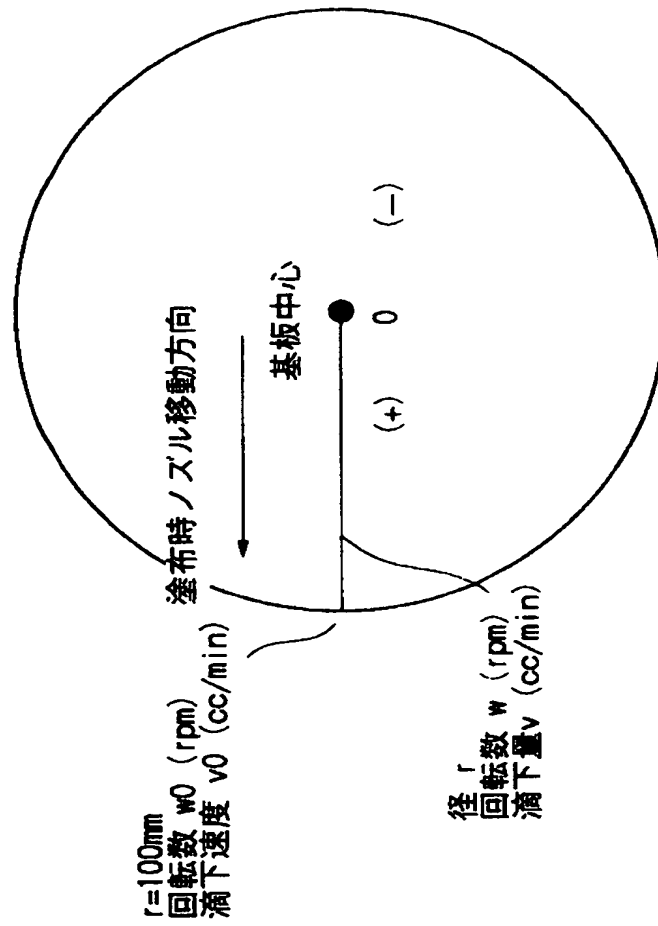
【図 2】



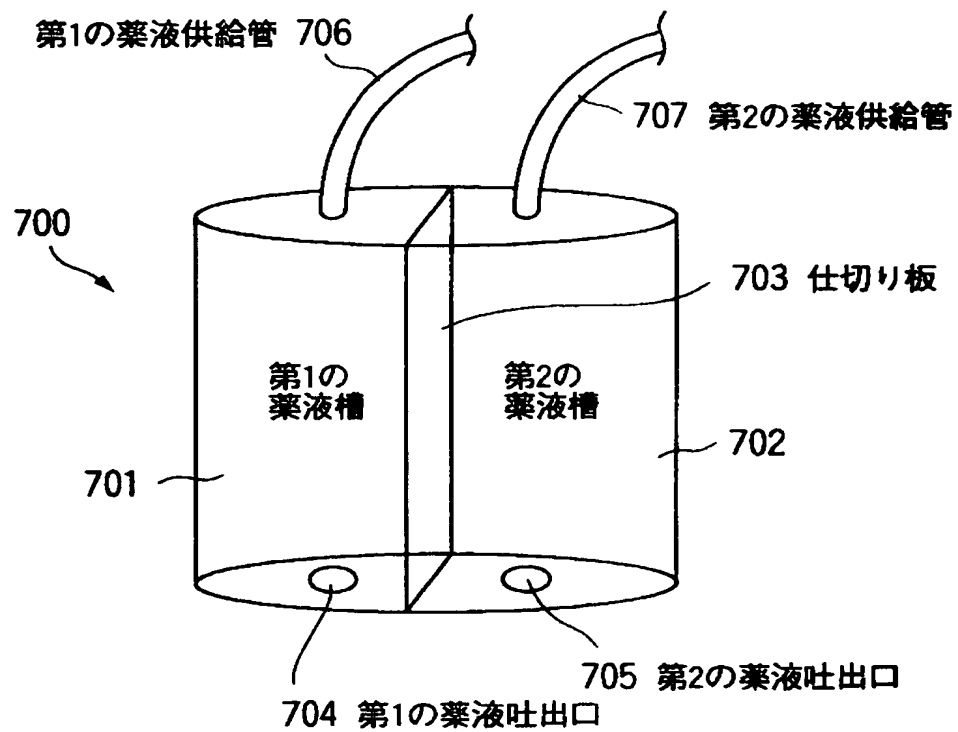
【図 3】



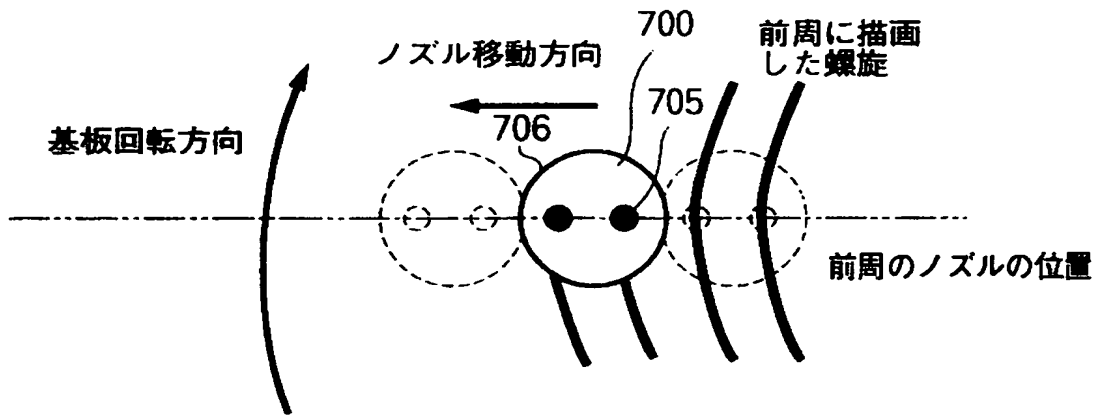
【図 4】



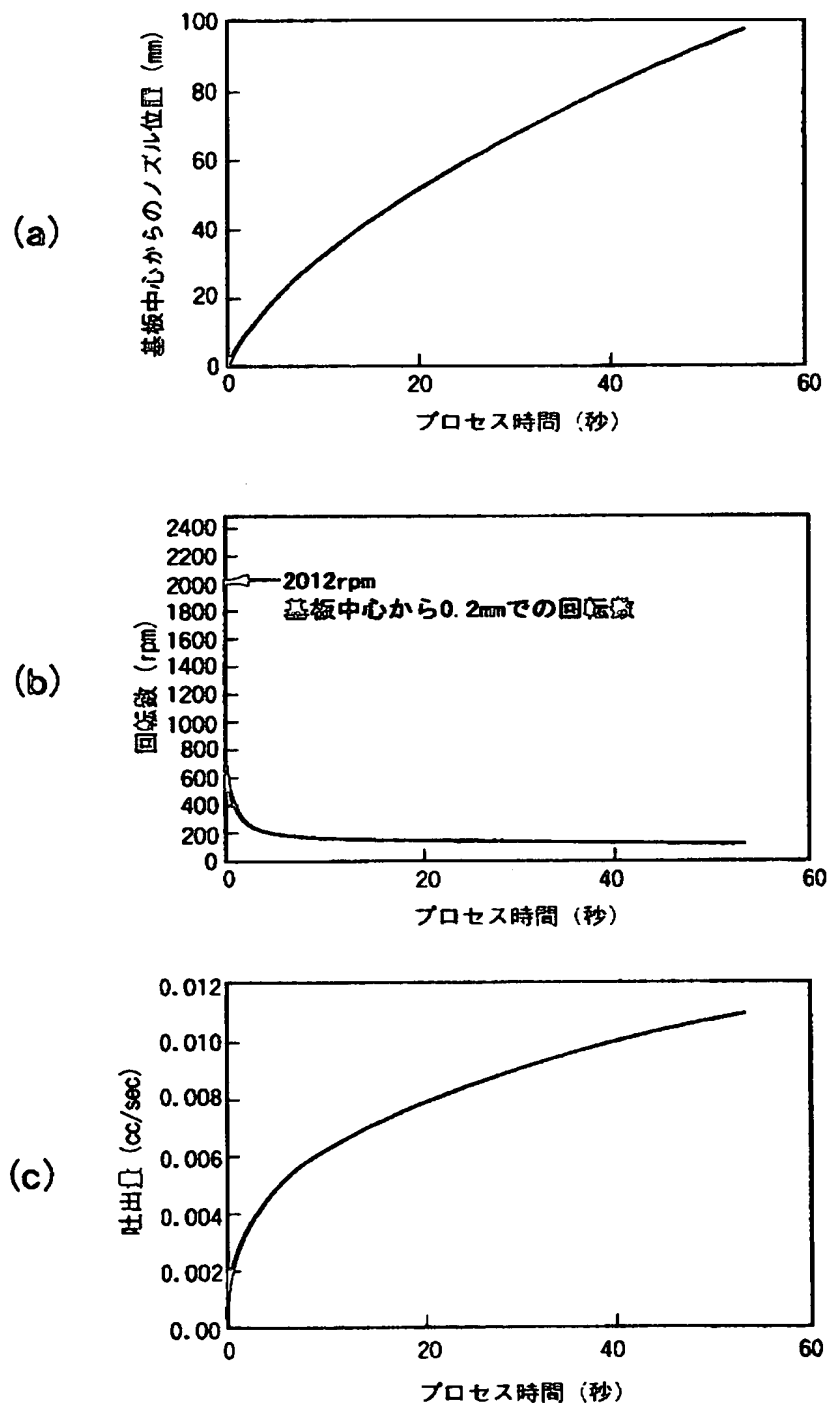
【図 5】



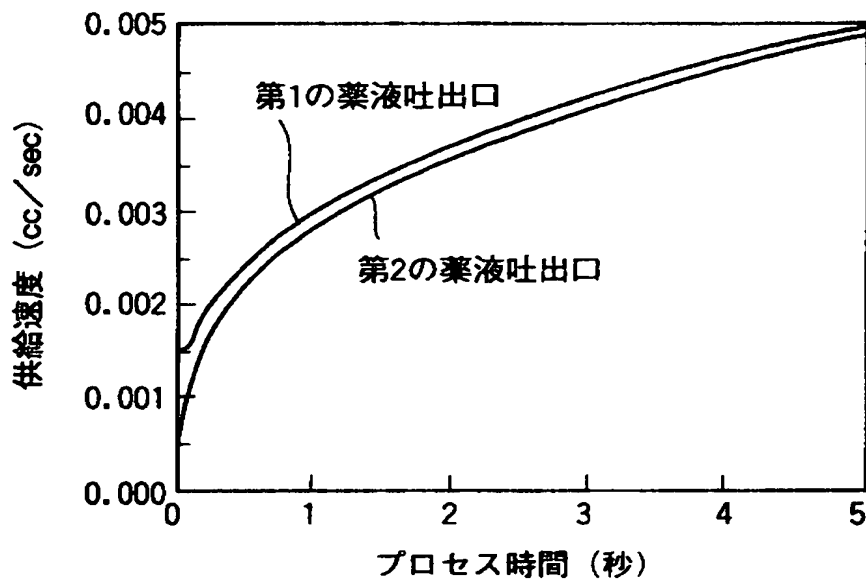
【図 6】



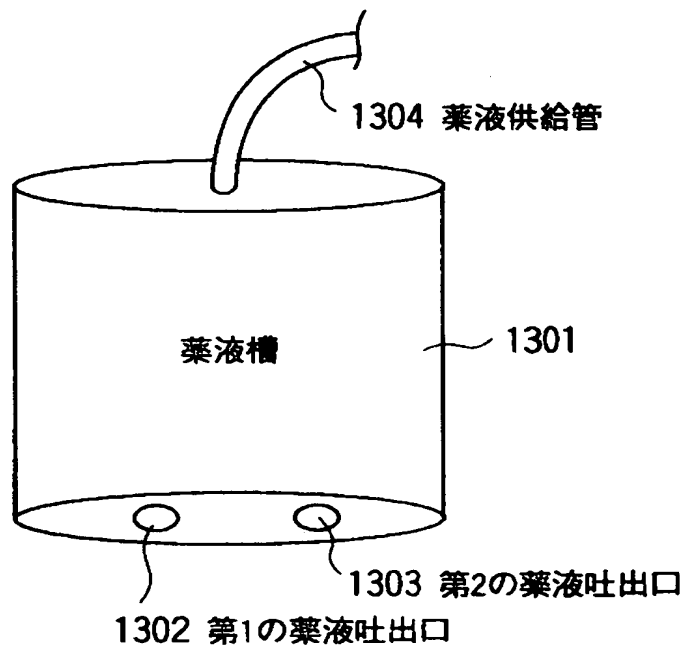
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】被処理基板上に渦巻き状に薬液を供給して成膜を行う技術において、被処理基板外への薬液の放出を抑制すると共に、均一に膜を形成する。

【解決手段】 前記被処理基板と前記滴下部との相対的な移動は、該基板を回転させつつ、前記滴下部を該基板の略中心から該基板の外周に向けて相対的に移動させるものであって、前記被処理基板の略中心から外周に向けた前記滴下部の相対的な移動に伴い、滴下された液膜にかかる遠心力により該液膜が移動しないように、該基板の回転数 w を低下させると共に、該滴下部からの前記液体の供給速度 v を増加させて、前記被処理基板上に液膜を形成する。

【選択図】 図 3



特 2000-127953

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日	1990年 8月22日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
氏 名	株式会社東芝